

Високоєфективні технологічні процеси в приладобудуванні

Перспективними напрямками дослідження є визначення напружено-деформованого стану покриттів різального інструменту, що працює в умовах жорсткого термосилового навантаження.

Література

1. Суслов А.Г. Инженерия поверхности деталей – резерв в повышении конкурентоспособности машин //Справочник. Инженерный журнал. №4, 2001. С.3-9.
2. Ляшенко Б.А., Мовшович А.Я., Долматов А.И. Упрочняющие покрытия дискретной структуры // Технологические системы. – 2001. - № 4. – С. 17 – 25.
3. Антонюк В.С. Формування покриття підвищеної зносостійкості на робочих поверхнях різального інструменту. // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»: Машинобудування – К.: НТУУ «КПІ», 2003. – Вип. 44. - С. 110-112.
4. Уманский Э.С., Ляшенко Б.А. Условия адгезионной и когезионной равнопрочности жаростойкий покрытий // Косм. исслед. на Украине. – 1975. – Вип. 6. – С. 58-64.
5. Писаренко Г.С., Самсонов Г.В., Верхотуров А.Д., Безыкорнов А.И., Ляшенко Б.А., Ришин В.В., Шедеган Ю.В. Прочностные характеристики слоев полученных электроискровым легированием сталей тугоплавкими металлами // Пробл. прочности. - 1973. - №2. - С. 106-111.
6. Костюк Г.И. Эффективный режущий инструмент с покрытием и упрочненным слоем. Справочник. Х.: Антиква, 2003 г., - 412 с.

Антонюк В.С. Особенности определения параметров покрытия на режущем инструменте.

Предложен метод определения параметров покрытия дискретной структуры на режущем инструменте, с учетом реальных условий эксплуатации, а также остаточных напряжений в покрытии. приведены зависимости для расчета размера дискретного участка износостойкого покрытия, что позволяет выбрать параметры покрытия на стадии проектирования режущего инструмента.

The method to determine parameters of coatings deposited on the cutting tool.

Method to calculate the parameters of discontinues coatings, which are under real exploitation conditions and residual stresses is suggested. The equitation to calculate the size of discontinues areas is given. It allows to determine the parameters of coating at the stage of cutting tools design.

*Надійшло до редакції
2 листопада 2004 року*

УДК 620.179.14(088.8)

ГРАДІЄНТОМЕТРІЯ ЗОННОЇ ТОЧНОСТІ ВЕРСТАТІВ

*Скицюк В.І., Плотников О.О., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», Київ, Україна*

Стаття, що пропонується є другою частиною з циклу статей, присвячених обґрунтуванню поняття зонної точності верстатів з CNC. У другій частині показано векторний характер похибки вимірювання, а також обґрунтовано вибір математичного апарату градієнта скалярного поля для їхнього опису

Вступ

Отримання надвисокої точності обробки завжди було актуальною задачею. В

умовах сьогодення це стає ще більш нагальним в зв'язку зі зростанням вимог до якості виробів з одного боку та поступовим старінням металообробного обладнання вітчизняних підприємств з іншого. Однією зі складових точності обробки є геометрична точність верстатів.

Попри велику розповсюдженість великогабаритних фрезерних верстатів та ОЦ, а також токарних з системами CNC, вироби у приладобудуванні мають здебільшого невеликі розміри у порівнянні з габаритами робочого столу. Розміри деталей у приладобудуванні рідко коли перевищують 100 мм, а їх вага – не більше за 1-2 кг. Тому робочий простір верстата використовується не повністю.

Точність позиціонування для верстатів з системами CNC по поверхні стола неоднакова, і це вимагає внесення у пам'ять системи відповідних величин корекції, які повинні враховуватись для підтримки точності. Однак ці величини є плинні з часом роботи верстата, оскільки існує знос рушійної системи та систем обліку. Крім того при роботі верстата існують найбільш вживані ділянки робочої поверхні стола, що призводить до місцевої втрати точності. Тобто існують ділянки, де точність позиціонування може бути у кілька разів нижче або вище за інші.

Стандартні методики перевірки точності позиціонування мають низку недоліків в тому плані, що загальна оцінка точності роботи верстата за ними призводить до прискорення профілактично-ремонтних робіт [1]. До того ж вони не дозволяють за результатами керувати точністю роботи технологічного обладнання.

Таким чином необхідно розробити методику визначення геометричної точності, котра дозволить подовжити термін експлуатації обладнання одночасно зі збереженням його технологічного ресурсу.

Для вирішення цієї задачі слід запропонувати математичний апарат для опису цих явищ, що є метою цієї роботи.

Векторний характер похибки вимірювання

Дослідження цього питання довело, що, наприклад, зразковий елемент L_z розташований у робочому просторі верстата та при вимірюванні у його системі координат і з допомогою його системи відліку дасть розмір L_g , який буде відрізнятися від зразка. У загальному випадку завжди буде виконуватися нерівність $L_z \neq L_g$ (рис. 1). При цьому L_g слід сприймати як нестандартну міру вимірювання, яка притаманна верстату.

Переміщення зразкового елемента у робочому просторі буде давати відповідну мінливість вимірювань, які, знов таки, у загальному випадку будуть коливатися, наприклад, як випадкова величина з нормальним законом розподілу 6σ (рис. 1).

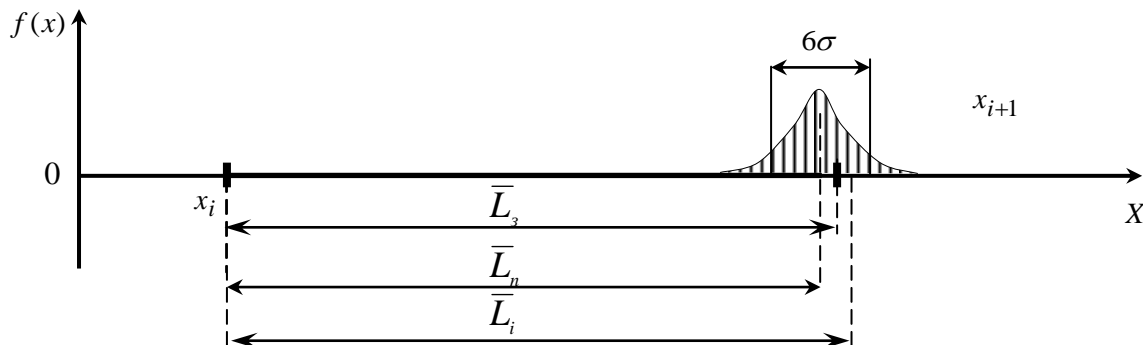
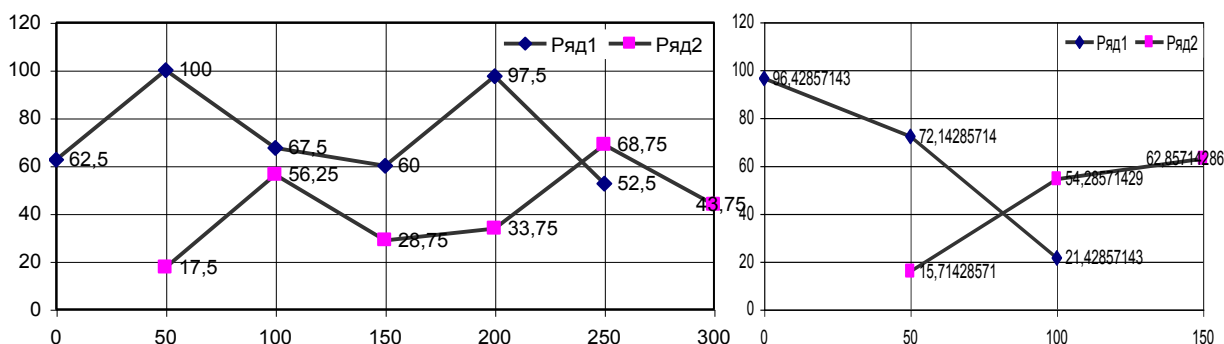


Рисунок 1 – Розсіяння розмірів L_g в залежності від розташування зразкової міри на столі верстата

Якщо розглянути цей процес у двох координатах, рух при вимірюванні та результуючу похибку можна уявити як векторну суму рухів:

$$\vec{L}_3 = \vec{L}_6^+ + \Delta\vec{L}^+ \text{ та } \vec{L}_3 = \vec{L}_6^- + \Delta\vec{L}^- . \quad (1)$$

Як довели дослідження векторна сума при прямому та зворотному русі не адекватна, тобто вона не є дзеркальним відображенням одна одної (рис. 2), теж саме має посереднє підтвердження [1]. Пояснення тут може бути тільки одне: фрезерні верстати та ОЦ мають різні навантаження при протилежних напрямках руху і як наслідок різну величину зносу робочих частин. Особливо дошкульним явищем при цьому є неоднакова точність вздовж всього перегону по координатах, яка посилюється з часом роботи верстата.



а – X, б – Y (Ряд 1 – позитивний напрямок, ряд 2 – негативний напрямок руху)

Рисунок 2 – Результати дослідження точності відпрацювання зразкової відстані на фрезерному верстаті у координатах

Вектор похибки при цьому може мати опис як еліпсоїдальна залежність у координатах XY . У приватних випадках еліпс може міняти місцями свою велику та малу вісь, а також спрощуватись до кола (рис. 3):

$$\Delta L = \frac{\Delta y^2}{\Delta x + \sqrt{\Delta x^2 - \Delta y^2} \times \cos \varphi} \text{ при } 1 > \Delta x^2 - \Delta y^2 \geq 0, \quad (2)$$

де Δx та Δy – є середньостатистичні відхилення розміру від зразкової L_3 , φ – кут вектора похибки $\Delta\vec{L}^+$ або $\Delta\vec{L}^-$ від вектора \vec{L}_3 .

Використовуючи закон нормального розподілу для випадкової величини по координатах, тобто:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\Delta x^2}{2}}, f(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\Delta y^2}{2}}; \text{ де } \Delta x = 3\sigma_x, \Delta y = 3\sigma_y. \quad (3)$$

Отримуємо:

$$\Delta L = \frac{3\sigma_y}{\sigma_x + \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \cos \varphi} \quad (4)$$

На рис. 4 видно, що виконати комплексний рух інструменту по двох координатах X та Y , наприклад, з точок D або B призведе до неправильної (неточної) реалізації геометричної фігури типу «квадрат» у просторі верстата. Сходження векторів \vec{L}_Σ

та \vec{L}_Σ^+ практично неможливо.

Так, наприклад, контурне фрезерування або рух за шляхом ABCDA (рис. 5) завжди буде призводити до появи вектора похибки $\Delta\vec{L}_\Sigma$, який буде результатом замкненого кола векторів:

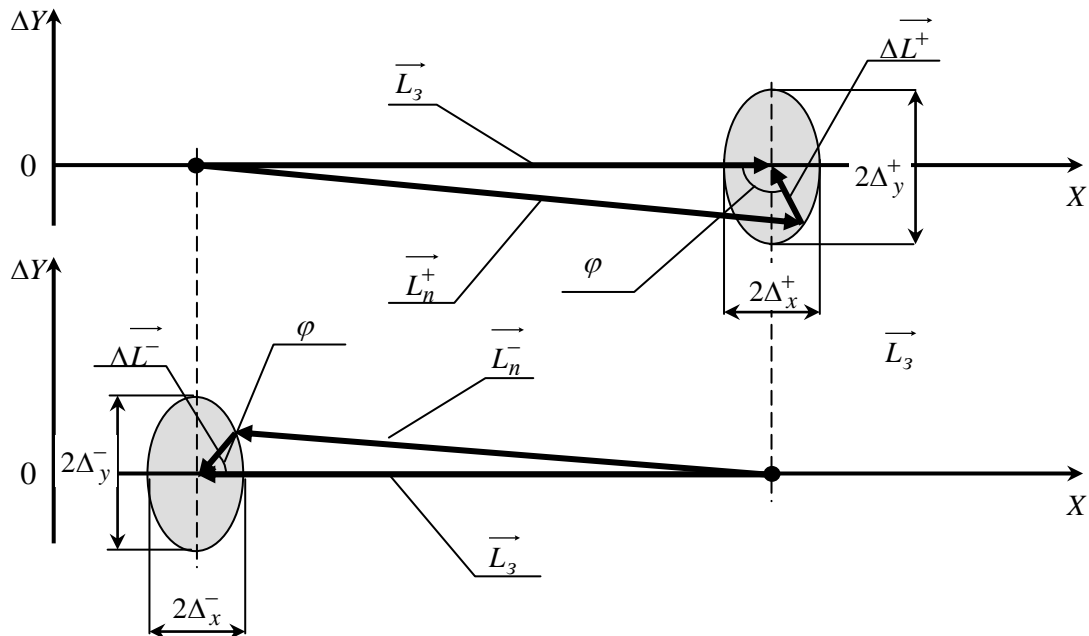


Рисунок 3 – Поле розсіяння векторних діаграм в залежності від напрямку руху при вимірюванні

$$\Delta\vec{L}_\Sigma = \vec{L}_y^+ + \vec{L}_x^+ + \vec{L}_y^- + \vec{L}_x^-. \quad (5)$$

Для усунення цього явища авторами пропонується ввести термін зонної точності верстата через поняття градієнту. В такому випадку це надасть можливість обмежувати координати об'єму де точність позиціонування буде можливо враховувати через векторні градієнти точності. З цією метою було розроблено спеціальний прилад з умовною назвою – «градієнтometr», який у комплексі з системою торкання М-30ST надає можливість швидко визначати робочі площини з різною точністю і рівномірно використовувати робочий ресурс верстата. Принцип роботи приладу закладено у виміру градієнту похибки при визначеній частині робочого простору верстата. Похибка у координатних площинах уявляється не як графічна стохастична залежність, а як векторне поле похибок прив'язане до конкретних робочих зон простору верстата. Таким чином вводиться поняття градієнту точності, який характеризується шістькою векторів похибок позиціонування для верстату (тобто позитивні та негативні напрямки координатної системи верстата):

$$\text{grad}L(x) = \frac{L(x) - L_K}{L_K},$$

де $L(x)$ – результат вимірювання еталон-калібру довжиною L_K по координаті X системою ЧПК верстата.

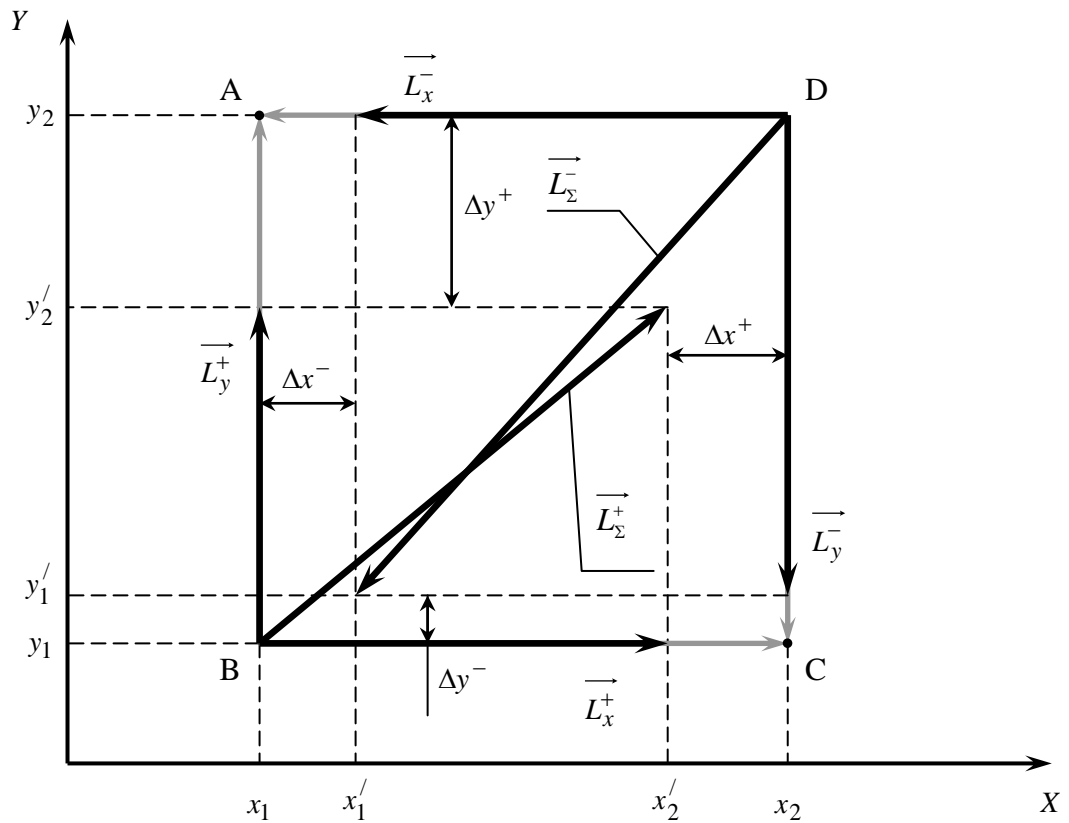


Рисунок 4 – Приклад несходження векторних кутів ідеального квадрата

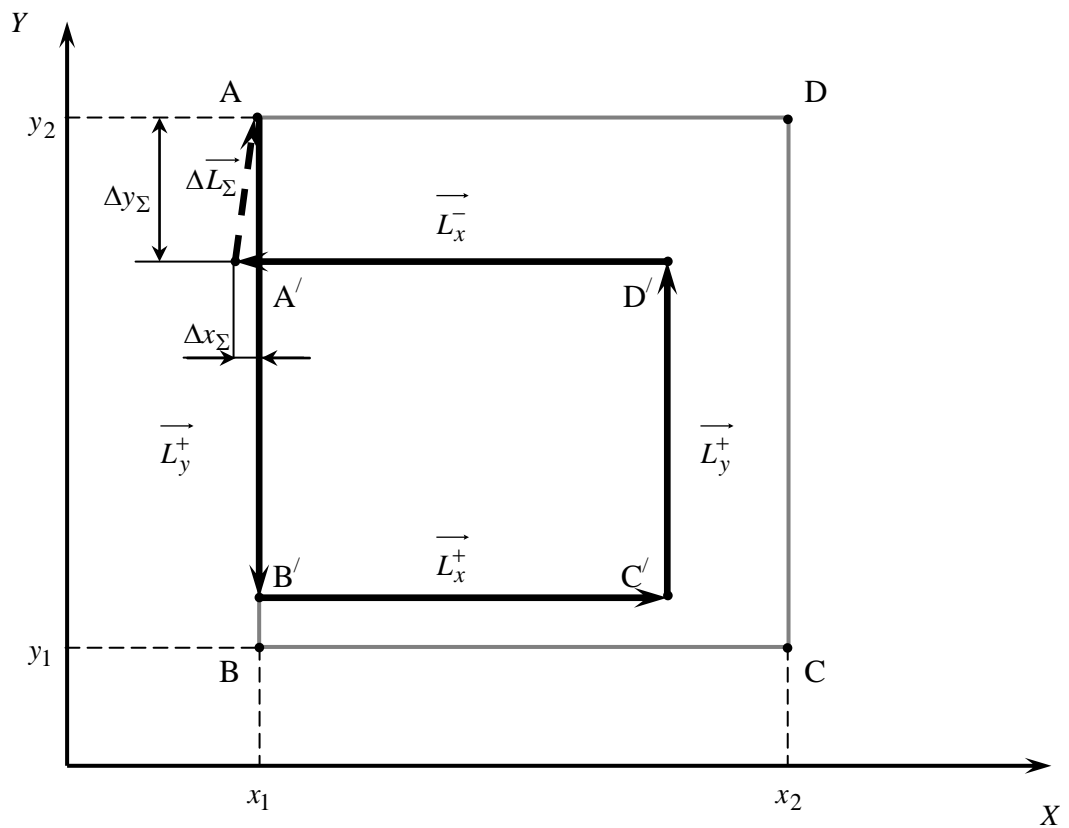


Рисунок 5 – Виникнення векторної похибки $\Delta \vec{L}_\Sigma$ при контурному русі інструмента

Оскільки верстати мають неточності у позиціюванні робочих органів руху по координатах, то отриманий результат вимірювання – $L(x)$ завжди буде відрізнятися від зразкової довжини – L_K , до того ж, у більшу сторону.

Обґрунтування вибору градієнту точності як основного фактора оцінки зонної точності верстатів

У засадах такого рішення було наступне:

- Для визначення реальної похибки необхідно мати або ідеальну вимірювальну систему координат, або якійсь зразки довжини (кінцеві міри) для того, щоб якимось визначитися з реальною точністю руху.
- У приладобудуванні нема необхідності у великих перегонах по координатах, а отже, похибка позиціювання може бути прив'язаною або пристосованою до якоїсь конкретної координати, а точніше площі.
- Неточність позиціювання по координатах призводить до того, що одна і та ж деталь у різних координатах площини стола призводить до різної точності виконання деталі.
- Визначити точність верстата, тобто отримати його достеменні характеристики руху можливо лише використовуючи складне обладнання [2], але точність має плинний характер і підвладна робочим навантаженням функцією яких вона є у першому наближенні; тобто це є точність миттєва, а ще точніше – стартова, яку верстат отримує по виходу з конвеєра виробництва.
- Виконувати постійний контроль точності за допомогою дорогого устаткування не є можливим та тотожним вимогам приладобудування.
- Найбільш ефективним способом отримання інформації про точність є використання елементів зразкової довжини (калібрів) високої точності розмірних з розмірами деталі.
- Запропонована методика найбільш кращий опис має через поняття градієнтметра.
- Проведені дослідження та математичне моделювання точності позиціювання за допомогою градієнта скалярного поля показує на великі можливості запропонованої методики, тобто вимагають ще більш достеменного дослідження з метою його впровадження у виробництво, що є подальшим напрямком роботи.

У підсумку до розгляду цього явища було застосовано математичний апарат градієнтного скалярного поля у двох вимірах [3], тобто:

$$\begin{aligned} \text{grad } L &= \frac{\partial L}{\partial x} \mathbf{i} & \text{grad } L &= \frac{\partial L}{\partial x} \cdot \frac{\partial x}{\partial t} \mathbf{i} \\ \text{grad } L &= \frac{\partial L}{\partial x} \mathbf{i} + \frac{\partial L}{\partial y} \mathbf{j} & \text{grad } L &= \frac{\partial L}{\partial x} \cdot \frac{\partial x}{\partial t} \mathbf{i} + \frac{\partial L}{\partial y} \cdot \frac{\partial y}{\partial t} \mathbf{j} \end{aligned} \quad (6)$$

Згідно пропонуємого способу похибка руху буде мати лінійний характер в залежності від координати в межах довжини L_K еталон-калібру. Таким чином, для виконання точного руху необхідно враховувати $\text{grad } L_x$ наступним чином:

$$L = \frac{L(x)}{1 + \text{grad } L_x}, \quad (7)$$

де $L(x)$ – шлях, який повинен зробити координатний рушій верстата у власній

системі обчислення для того, щоб реальний шлях руху вимірювального інструменту становив L .

Висновки

Точність позиціонування верстатів з системами CNC у зв'язку з плинним старінням втрачають можливості виконання високоточних виробів приладобудування.

У зв'язку з нерівномірним зносом рушійної системи верстатів точність позиціонування не тільки втрачається з часом, але і набуває дуального характеру, що впливає на кінцевий результат роботи [4, 5]. Найбільш принагідним для опису цього явища є застосування математичного апарату градієнта скалярного поля [3].

Проведені дослідження та математичне моделювання точного позиціонування за допомогою градієнту скалярного поля показує на великі можливості запропонованої методики, тобто вимагають ще більш достеменного дослідження з метою його впровадження у виробництво, що є подальшим напрямом роботи.

Література

1. ГОСТ 27843-88. Станки металлорежущие. Методы проверки точности позиционирования. – Введ. 01.01.90. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 19 с.
2. Дубров М. Н., Алешин В. А. Високоточные лазерные интерферометры в многокомпонентных измерительных системах // Журнал радиоэлектроники. – 2000. – №10. – С. 49-57.
3. Бронштейн И.Н. Семендяев К.А. Справочник по математике. – М.: Наука, 1967. – 608 с.
4. Глоба Л.С., Скицюк В.І., Плотников О.О. Эффект дуальности поверхности торкания та його вплив на точність визначення координати поверхні // Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету. – Кіровоград: КДТУ. – 2003. – Вип. 13. – С. 174-180.
5. Глоба Л.С., Скицюк В.І., Плотников О.О. Дуальність координати технологічних об'єктів у системі координат металообробляючого обладнання // Техніка і технологія друкарства. – 2004. – №1(3). – С. 67-73.

Скицюк В.І., Плотников А.А. Градиентометрия зонной точности станков. Предлагаемая статья является второй из частью цикла статей посвященных обоснованию термина зонной точности станков с ЧПУ. Во второй части показан векторный характер погрешности измерения, а также обоснован выбор математического аппарата градиента скалярного поля для ее описания.	Skytsuok V.I., Plotnikov A.A. Gradientmetry of zoned accuracy of machine tools. Offered paper is the second part of a cycle of papers devoted to a substantiation of the term of zoned accuracy of machine tools with CNC. In the second part vector character of an error of measurement is shown, and also the choice of the mathematical device of a gradient of a scalar field for its description is proved.
---	---

*Надійшло до редакції
11 жовтня 2004 року*